

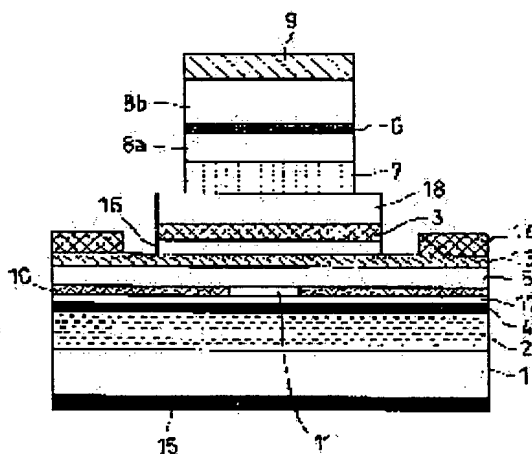
(11)Publication number : **2003-283051**  
(43)Date of publication of application : **03.10.2003**

H01S 5/183  
H01S 5/04  
H01S 5/40

(72)Inventor : KUSHIBE MITSUHIRO  
TAKAOKA KEIJI  
HASHIMOTO REI  
NISHIGAKI MICHIIHIKO

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To offer a planar optical semiconductor device with high luminous efficiency, no warp in the substrate, and enhanced reliability.

**SOLUTION:** This planar optical semiconductor device is equipped with a GaAs substrate 1, a first light emitting layer 4 made of  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{As}_{1-z}\text{P}_z$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq 1-x-y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 1$ ), which is formed on the GaAs substrate 1 and emits light by current injection, first resonators 2 and 3 which make light emitted by the first light emitting layer 4 be fed-back to and absorbed by the first light emitting layer 4 so as to generate the first laser oscillation, and a second light emitting layer 6 made of  $\text{Ga}_{1-p}\text{In}_p\text{As}_{1-q}\text{N}_q$  ( $0 \leq p \leq 1$ ,  $0 < q < 1$ ), which absorbs the first laser generated by the first laser oscillation and emits light.



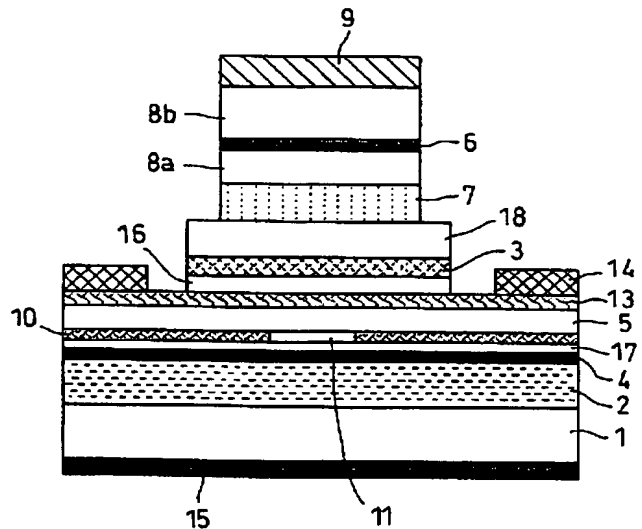
[Date of request for examination]	26.05.2003
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	
[Date of registration]	
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	

<http://www19.ipdl.ncipi.go.jp/PA1/result/detail/main/wAAAlgayHdDA415283051P...> 2005/07/06

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】基板と、

前記基板上に形成され、電流注入によって発光する $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{As}_{1-z}\text{P}_z$  ( $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq 1-x-y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ ) 層を有する第1の発光層と、

前記第1の発光層で発光した光を前記第1の発光層に吸収させ第1のレーザ発振を起こす第1の共振器と、  
前記第1のレーザ発振によって発振された第1のレーザ光を吸収し発光する $\text{Ga}_{1-p}\text{In}_p\text{As}_{1-q}\text{N}_q$  ( $0 \leq p \leq 1$ 、 $0 < q < 1$ ) 層を有する第2の発光層とを具備することを特徴とする面型光半導体装置。

【請求項2】前記第2の発光層で発光した光を前記第2の発光層に吸収させ第2のレーザ発振を起こさせて、第2のレーザ光を発生させる第2の共振器とを具備する請求項1記載の面型光半導体装置。

【請求項3】基板と、前記基板上に形成され、電流注入によって発光する $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{As}_{1-z}\text{P}_z$  ( $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq 1-x-y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ ) 層を有する第1の発光層と、  
前記第1の発光層を挟むように配置された一对の第1の半導体多層膜反射鏡と、

前記第1の発光層上に形成された $\text{Ga}_{1-p}\text{In}_p\text{As}_{1-q}\text{N}_q$  ( $0 \leq p \leq 1$ 、 $0 < q < 1$ ) 層を有する第2の発光層と、

前記第2の発光層を挟むように配置された一对の第2の半導体多層膜反射鏡とを具備し、

前記一对の第1の半導体多層膜反射鏡は、前記第1の発光層で発光した光を前記第1の発光層に吸収させ第1のレーザ発振を起こし、

前記第2の発光層は、前記第1のレーザ発振によって発振された第1のレーザ光を吸収して発光し、

前記一对の第2の半導体多層膜反射鏡は、前記第2の発光層で発光した光を前記第2の発光層に吸収させ第2のレーザ発振を起こさせて、第2のレーザ光を発生させることを特徴とする面型光半導体装置。

## 【請求項4】基板と、

前記基板上に形成され、電流注入によって発光する第1の発光層と、

前記基板上に形成された第2の発光層と、

前記第1の発光層及び前記第2の発光層を挟むように配置された一对の第1の半導体多層膜反射鏡と、

前記第1の発光層及び前記第2の発光層及び前記一对の第1の半導体多層膜反射鏡を挟むように配置された一对の第2の半導体多層膜反射鏡とを具備し、

前記一对の第1の半導体多層膜反射鏡は、前記第1の発光層で発光した光を前記第1の発光層に吸収させ第1のレーザ発振を起こし、

前記第2の発光層は、前記第1のレーザ発振によって発振された第1のレーザ光を吸収して発光し、

前記一对の第2の半導体多層膜反射鏡は、前記第2の発光層で発光した光を前記第2の発光層に吸収させ第2のレーザ発振を起こさせて、第2のレーザ光を発生させることを特徴とする面型光半導体装置。

【請求項5】前記第1の発光層は $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{As}_{1-z}\text{P}_z$  ( $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq 1-x-y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ ) 層を有し、前記第2の発光層は $\text{Ga}_{1-p}\text{In}_p\text{As}_{1-q}\text{N}_q$  ( $0 \leq p \leq 1$ 、 $0 < q < 1$ ) 層を有することを特徴とする請求項4記載の面型光半導体装置。

【請求項6】前記第1のレーザ光の密度がその平均光密度よりも高い位置に前記第2の発光層を配置することを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の面型光半導体装置。

【請求項7】前記第2のレーザ光の密度がその平均光密度よりも高い位置に前記第2の発光層を配置することを特徴とする請求項2乃至請求項5のいずれかに記載の面型光半導体装置。

【請求項8】前記第1のレーザ光の密度がその平均光密度よりも高い位置であり、かつ前記第2のレーザ光の密度がその平均光密度よりも高い位置に前記第2の発光層を配置することを特徴とする請求項2乃至請求項5のいずれかに記載の面型光半導体装置。

【請求項9】前記第2の発光層が複数あることを特徴とする請求項1乃至請求項8のいずれかに記載の面型光半導体装置。

【請求項10】前記第2の発光層のうち少なくとも一つが電流注入可能であることを特徴とする請求項9記載の面型光半導体装置。

【請求項11】前記基板がGaAsであることを特徴とする請求項1乃至請求項10のいずれかに記載の面型光半導体装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、面型光半導体装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、長波長帯の面発光レーザを実現するために、波長が短いGaInAs/GaInAs/GaAs系レーザを電流注入で励起して、これから発生するレーザ光を、波長の長いGaInAsP/InP系レーザに入射して発振させるものがある。

【0003】この面発光レーザは、波長の短いレーザ光をGaInAsP/InP系レーザで吸収し発振させることで、波長の長いレーザ光を得ることができる。

【0004】しかしながら、この面発光レーザは、GaAs基板を支持基板とするGaInAs/GaInAs/GaAs系レーザとInP基板を支持基板とするGaInAsP/InP系レーザを融着で接合するために、融着した界面に非発光センターが発生しこの部分でレー

ザ光が吸収されてしまうために発振効率が低いという問題がある。

【0005】また、それぞれの基板の熱膨張係数の差が大きいために、レーザ発振による温度上昇に伴い基板が反ってしまう問題がある。

【0006】また、作製の過程で基板を融着する工程が必要であり、工程が極めて複雑であるばかりでなく、格子定数の異なる基板を融着するために界面に大きなストレスが残り、信頼性が低下する問題がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】このように従来の面発光レーザでは、異なる基板を融着して作製しなければならず、発光効率が低い、基板が反る、信頼性の低下という問題がある。

【0008】本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであり、発光効率が高く、基板が反ることがなく、信頼性の向上した面型光半導体装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、基板と、前記基板上に形成され、電流注入によって発光する $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{As}_{1-z}\text{P}_z$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq 1-x-y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 1$ ) 層を有する第1の発光層と、前記第1の発光層で発光した光を前記第1の発光層に吸収させ第1のレーザ発振を起こす第1の共振器と、前記第1のレーザ発振によって発振された第1のレーザ光を吸収し発光する $\text{Ga}_{1-p}\text{In}_p\text{As}_{1-q}\text{N}_q$  ( $0 \leq p \leq 1$ ,  $0 < q < 1$ ) 層を有する第2の発光層とを具備することを特徴とする面型光半導体装置を提供する。

【0010】このとき、前記第2の発光層で発光した光を前記第2の発光層に吸収させ第2のレーザ発振を起こさせて、第2のレーザ光を発生させる第2の共振器とを具備することが好ましい。

【0011】また、本発明は、基板と、前記基板上に形成され、電流注入によって発光する $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{As}_{1-z}\text{P}_z$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq 1-x-y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 1$ ) 層を有する第1の発光層と、前記第1の発光層を挟むように配置された一対の第1の半導体多層膜反射鏡と、前記第1の発光層上に形成された $\text{Ga}_{1-p}\text{In}_p\text{As}_{1-q}\text{N}_q$  ( $0 \leq p \leq 1$ ,  $0 < q < 1$ ) 層を有する第2の発光層と、前記第2の発光層を挟むように配置された一対の第2の半導体多層膜反射鏡とを具備し、前記一対の第1の半導体多層膜反射鏡は、前記第1の発光層で発光した光を前記第1の発光層に吸収させ第1のレーザ発振を起こし、前記第2の発光層は、前記第1のレーザ発振によって発振された第1のレーザ光を吸収して発光し、前記一対の第2の半導体多層膜反射鏡は、前記第2の発光層で発光した光を前記第2の発光層に吸収させ第2のレーザ発振を

起こさせて、第2のレーザ光を発生させることを特徴とする面型光半導体装置を提供する。

【0012】また、本発明は、基板と、前記基板上に形成され、電流注入によって発光する第1の発光層と、前記基板上に形成された第2の発光層と、前記第1の発光層及び前記第2の発光層を挟むように配置された一対の第1の半導体多層膜反射鏡と、前記第1の発光層及び前記第2の発光層及び前記一対の第1の半導体多層膜反射鏡を挟むように配置された一対の第2の半導体多層膜反射鏡とを具備し、前記一対の第1の半導体多層膜反射鏡は、前記第1の発光層で発光した光を前記第1の発光層に吸収させ第1のレーザ発振を起こし、前記第2の発光層は、前記第1のレーザ発振によって発振された第1のレーザ光を吸収して発光し、前記一対の第2の半導体多層膜反射鏡は、前記第2の発光層で発光した光を前記第2の発光層に吸収させ第2のレーザ発振を起こさせて、第2のレーザ光を発生させることを特徴とする面型光半導体装置を提供する。

【0013】このとき、前記第1の発光層は $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{As}_{1-z}\text{P}_z$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq 1-x-y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 1$ ) 層を有し、前記第2の発光層は $\text{Ga}_{1-p}\text{In}_p\text{As}_{1-q}\text{N}_q$  ( $0 \leq p \leq 1$ ,  $0 < q < 1$ ) 層を有することが好ましい。

【0014】また、前記第1のレーザ光の密度がその平均光密度よりも高い位置に前記第2の発光層を配置することが好ましい。

【0015】また、前記第2のレーザ光の密度がその平均光密度よりも高い位置に前記第2の発光層を配置することが好ましい。

【0016】また、前記第1のレーザ光の密度がその平均光密度よりも高い位置であり、かつ前記第2のレーザ光の密度がその平均光密度よりも高い位置に前記第2の発光層を配置することが好ましい。

【0017】また、前記第2の発光層が複数あることが好ましい。

【0018】また、前記第2の発光層のうち少なくとも一つが電流注入可能であることが好ましい。

【0019】また、前記基板が $\text{GaAs}$ であることが好ましい。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を、図面を用いて詳細に説明する。なお、本発明は以下にあげる実施形態に限定されることはなく、種々工夫して用いることができる。

【0021】（実施形態1）図1は、本発明の実施形態1にかかる面型光半導体素子の断面図である。

【0022】図1に示すように、この面型光半導体素子は、 $\text{GaAs}$ 基板1上に $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{As}_{1-z}\text{P}_z$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq 1-x-y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 1$ ) からなる第1の発光層4が形成さ

れている。この第1の発光層4を挟むように一對の第1の半導体多層膜反射鏡2及び3が形成されている。基板1としては、GaAs基板の他にGaAs/Si積層構造、InP基板、GaP基板等があげられる。以下の実施形態においても同じである。

【0023】第1の発光層4上には、 $Ga_{1-p}In_pAs_{1-q}N_q$  ( $0 \leq p \leq 1$ ,  $0 < q < 1$ ) からなる第2の発光層6が形成されている。この第2の発光層6を挟むように一對の第2の半導体多層膜反射鏡7及び9が形成されている。

【0024】第1の発光層4上には、スペーサー層17が形成されている。このスペーサー層17上には、酸化物からなる電流狭窄層10が形成されており、酸化されていない半導体層11に電流が狭窄されるようになっていく。

【0025】電流狭窄層10上には、p型導電層5が形成されている。このp型導電層5上には、コンタクト層13が形成されている。コンタクト層13上には、表面電極14が形成されている。GaAs基板1の裏面には、裏面電極15が形成されている。

【0026】第2の発光層6は、位相調整用半導体層8a及び8bによって挟まれている。コンタクト層13と第1の半導体多層膜反射鏡3との間にはp型不純物の拡散防止層16が形成されている。第1の半導体多層膜反射鏡3と第2の半導体多層膜反射鏡7との間にはフェイズ調整層18が形成されている。

【0027】一對の第1の半導体多層膜反射鏡2及び3は、第1の発光層4で発光した光を反射させることによって第1の発光層4に帰還吸収させ第1のレーザ発振を起こさせるようになっている。

【0028】第2の発光層6は、前記第1のレーザ発振によって発振された第1のレーザ光を吸収して発光させる。一對の第2の半導体多層膜反射鏡7及び9は、第2の発光層6で発光した光を反射させることによって第2の発光層6に帰還吸収させ第2のレーザ発振を起こさせる。こうして波長の長いレーザ光を発生させることが可能となる。

【0029】第1の発光層4は、 $Al_xGa_{1-x-y}In_yAs_{1-z}P_z$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq 1-x-y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 1$ ) で形成され、例えば発光波長は $0.98 \mu m$ とする。

【0030】第1の半導体多層膜反射鏡2及び3は、低屈折率の $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0.7 \leq x < 0.9$ ) 層と高屈折率の $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0.05 \leq y \leq 0.35$ ) 層が交互に積層された積層構造である。低屈折率の $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0.7 \leq x < 0.9$ ) 層と高屈折率の $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0.05 \leq y \leq 0.35$ ) 層のそれぞれの厚さは、屈折率×厚さが第1の発光層4における発光波長（ここでは $0.98 \mu m$ ）の $1/4$ になるように設計されている。

【0031】電流狭窄層10は、Al組成の高い $Al_zGa_{1-z}As$  ( $0.9 < z < 1$ ) 層をその側面から横方向に酸化させるようにして形成した酸化アルミニウムガリウム層である。なお、酸化されていない $Al_zGa_{1-z}As$  ( $0.9 < z < 1$ ) 層11は、直径 $2 \mu m \sim 5 \mu m$ の通電領域となっている。

【0032】p型導電層5は、p型 $Al_wGa_{1-w}As$  ( $0.05 < w < 0.35$ ) 層で形成されている。また、コンタクト層13は、p型GaAs層で形成されている。

【0033】第2の発光層6は、バンドギャップが $0.99 eV \sim 0.86 eV$ の2層の $Ga_{1-s}In_sAs_{1-p}N_p$  ( $0 < s < 1$ ,  $0 < p < 1$ , 例えば $p = 0.005$ ) 量子井戸層の間に、バンドギャップが $1.13 eV \sim 1.38 eV$ の $Ga_{1-u}In_uAs_{1-v}N_v$  ( $0 < u < 1$ ,  $0 < v < 1$ , 例えば $v = 0.003$ ) バリア層が挟まれ、さらに2層の量子井戸層の両外側に、バンドギャップが $1.13 eV \sim 1.38 eV$ の $Ga_{1-u}In_uAs_{1-v}N_v$  ( $0 < u < 1$ ,  $0 < v < 1$ , 例えば $v = 0.003$ ) 光ガイド層が2層形成された構造である。この第2の発光層6は $1.3 \mu m$ に発光波長を有する。また、ここでは量子井戸層を2層としているが、バリア層を挟んで3層以上形成してもよい。

【0034】このように、第2の発光層6の内部に活性層が複数有り全体として一つの発光層としてもよい。こうすることで一つ発光層中の光密度が下がる。このため、最大光出力が大きくなると共に、温度依存性が小さくなり、高温特性の優れた半導体素子が得られるようになる。

【0035】第2の半導体多層膜反射鏡7及び9は、低屈折率の $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0.7 \leq x < 0.9$ ) 層と高屈折率の $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0.05 \leq y \leq 0.35$ ) 層が交互に積層された積層構造である。低屈折率の $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0.7 \leq x < 0.9$ ) 層と高屈折率の $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0.05 \leq y \leq 0.35$ ) 層のそれぞれの厚さは、屈折率×厚さが第2の発光層6における発光波長（ここでは $1.3 \mu m$ ）の $1/4$ になるように設計されている。

【0036】位相調整用半導体層8a及び8bは、 $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0.05 \leq y \leq 0.35$ ) 層で形成されている。この位相調整用半導体層8a及び8bは、第1の発光層4或いは第2の発光層6で発生したレーザ光の振幅に関する定常波成分について、その定常波成分の振幅のピーク位置に、第2の発光層6が位置するようにその厚さを調整する。

【0037】例えば、第2の半導体多層膜反射鏡7及び9のうち、第2の発光層6側に面している層を、それぞれ低屈折率の $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0.7 \leq x < 0.9$ ) 層とする。位相調整用半導体層8aと第2の発光層6の厚さの和を $0.75 \mu m$ の整数倍とし、位相調整用

半導体層8bの厚さを $0.75\mu\text{m}$ の整数倍とする。こうすることによって第2の発光層6を第1のレーザ光と第2のレーザ光のそれぞれの光密度が共振器内の平均値よりも高い位置に設けることができる。

【0038】このように、第1の発光層4から放出される光はレーザ動作を起こすので共振器内で定在波成分を有する。このため第1の発光層4から放出された光は共振器内で粗密を有する。そこで第1の発光層4及び第2の活性層6がともにこのレーザ光の光密度の高い部分に位置するように設けられていることが好ましい。

【0039】また第2の発光層6から放出されたレーザ光に関しても光密度に粗密が発生する。この場合、第2の発光層6はこのレーザ光も密度が高い部分に位置するように設けられていることが好ましい。

【0040】こうすることで光の吸収係数が上がり、効率よく第2の発光層6の中のキャリアが励起される。また、第2の発光層6をレーザ光の光密度の高い位置に設ければ、光吸収係数が上がり、光ロスが少なくなるので、閾値を下げられると共に、光出力も大きくなる。

【0041】p型不純物の拡散防止層16はn型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $0.05 \leq y \leq 0.35$ ) 層で形成されている。このようにp型不純物の拡散防止層16をn型半導体層で形成しているので、p型不純物が下層から第2の発光層6への拡散を防止することができ、発光効率の低下が起こらない。

【0042】また、スペーサー層17及びフェイズ調整層18はそれぞれ $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $0.05 \leq y \leq 0.35$ ) 層で形成されている。

【0043】このような面型半導体光装置において、電流が流れる高Al濃度の $\text{AlGaAs}$ 層11の直径を $5\mu\text{m}$ とした場合に、閾電流値が $0.1\text{mA}$ で、第2の発光層6からは発振波長 $1.3\mu\text{m}$ の光を得ることができる。最大光出力は $0.3\text{mW}$ 以上となる。

【0044】第1の発光層4として $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{As}_{1-z}\text{P}_z$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq 1-x-y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 1$ ) を用いているので、動作温度を上げて第1の発光層6から照射されるレーザ光が受ける影響は小さい。第1の発光層4は第2の発光層6よりも大きなエネルギーで発光するので、発光強度の温度依存性が小さい。また第2のレーザは第1のレーザ光による光励起レーザなので、電流励起レーザよりも温度依存性が小さい。このため第2のレーザは単独で電流励起動作する場合よりも温度依存性を小さくできる。

【0045】室温で $0.1\text{mW}$ の光出力が出る駆動条件のもとで $85^\circ\text{C}$ まで上げたときに光出力の低下は10%以下と極めて小さな値が実現できる。

【0046】次に、本実施形態の面型半導体装置の製造方法について説明する。

【0047】まず、GaAs基板1上に、素子を形成す

る半導体積層構造をMOCVD法で形成する。

【0048】具体的には、n型GaAs基板1を $\text{AsH}_3$ 及び $\text{H}_2$ 雰囲気中で $720^\circ\text{C}$ まで昇温することによって10分間クリーニングを行う。その後基板温度を $680^\circ\text{C}$ まで下げて $\text{AsH}_3$ とTMGa（トリ・メチル・ガリウム）と $\text{SiH}_4$ を原料として用い、Siを添加したn型GaAsバッファ層を形成する。このn型GaAsバッファ層は、GaAs基板1上の表面層であり図中には記載していない。

【0049】次に、TMAI（トリ・メチル・アルミニウム）、TMGa、 $\text{AsH}_3$ 及び $\text{SiH}_4$ を原料として用いてn側の第1の半導体多層膜反射鏡2を形成する。このときAl組成の異なる二つの層それぞれに対して、異なる流量のTMAI及びTMGaソースを用いる。

【0050】次に、TMGa、TMIn（トリ・メチル・インジウム）及び $\text{AsH}_3$ を原料として用いて活性層4を形成する。次にTMGa、 $\text{AsH}_3$ 及び $\text{CBr}_4$ を用いてカーボンが添加されたGaAsスペーサー層17を形成する。次に、このスペーサー層17上にZnが添加された $\text{Al}_{0.98}\text{Ga}_{0.02}\text{As}$ 層を形成する。この $\text{Al}_{0.98}\text{Ga}_{0.02}\text{As}$ 層は、高Al濃度層であり、この後の工程において酸化されて電流狭窄層10となる。

【0051】次に、TMGa、TMAI、 $\text{AsH}_3$ 及びDMZn（ジ・メチル・ジンク）を用いてp型 $\text{AlGaAs}$ 導伝層5を形成する。次にTMGa、 $\text{AsH}_3$ 及びDMZnを用いてキャリア濃度 $1 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ のp型GaAsコンタクト層13を形成する。

【0052】次に、TMGa、TMAI、 $\text{AsH}_4$ 及び $\text{SiH}_4$ を用いて、n型 $\text{AlGaAs}$ 拡散防止層16を形成する。この拡散防止層16はGaAsコンタクト層13の不純物と反対の導電型を有することから、コンタクト層13から半導体多層膜反射鏡3へ不純物が拡散するのを抑制する効果が大きくなる。ここで拡散防止層16の不純物濃度は $5 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ から $2 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ が好ましい。

【0053】ZnがGaAsから $\text{AlGaAs}$ に拡散する場合、 $\text{AlGaAs}$ 中でのZn濃度は界面付近で $1/2$ から $1/3$ 程度まで下がる。このため拡散防止層16のn型不純物濃度を $5 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 以上とすることでGaAsコンタクト層13からのp型不純物濃度よりも拡散防止層16中の反対導電型不純物濃度が高くなり拡散防止の効果が大きくなるからである。

【0054】次に、半導体多層膜反射鏡2と同様にし、ただしSiを添加せずに、第1の半導体多層膜反射鏡3を形成する。次に、TMGa、TMAI及び $\text{AsH}_3$ を用いて $\text{AlGaAs}$ 位相調整層18を形成する。

【0055】次に、TMGa、TMAI及び $\text{AsH}_3$ を用いて第2の半導体多層膜反射鏡7を形成する。次に、TMGa、TMAI及び $\text{AsH}_3$ を用いて位相調整層ク

ラッド層8aを途中まで形成する。この後、成長温度を550℃まで下げて位相調整用クラッド層8aの残りを形成する。

【0056】次に、TMGa、TMIn及びAsH<sub>3</sub>とDMHy（ジ・メチル・ヒドラジン）とNH<sub>3</sub>を同時に流してGaInAsN活性層6を形成する。ここで、NH<sub>3</sub>を流すと、DMHyやTMAI或いはTMGaからGaInAsN中にCが取りこまれることを大幅に低減できて、レーザの発光効率を上げることができる。

【0057】次に、活性層6上に、TMGa、TMAI及びAsH<sub>3</sub>を用いて位相調整用クラッド層8bを途中まで形成する。ここで、成長温度を680℃まで上げて位相調整用クラッド層8bの残りを形成する。次に、第2の半導体多層膜反射鏡9を形成する。

【0058】各半導体層を堆積後、円形にパターニングしたSiO<sub>2</sub>をマスクとして、塩素系のドライエッチングにより円柱状のメサ構造を形成する。エッチングの下端はGaAs基板1まで行う。この後水蒸気酸化を行い、高Al濃度層を周囲から酸化して中央部分を残すように電流狭窄層10を形成する。

【0059】次に、上記円柱状のメサ構造よりも小さな円形にパターニングしたSiO<sub>2</sub>をマスクとして、メサ構造の外側部分をp型コンタクト層13までドライエッチングする。ここでp型コンタクト層13に他の層では用いていない不純物を添加しておけば終点検出が容易になる。例えばCp<sub>2</sub>Mgを用いてMgを添加しておけばよい。或いはコンタクト層13以外のp型不純物としてCを用い、Znを検出するようにしてもよい。

【0060】次に、さらに小さな円形にパターニングしたSiO<sub>2</sub>をマスクとして、メサ構造の外側部分を、半導体多層膜反射鏡9、位相調整層8a及び8b、活性層6、多層膜反射鏡7をドライエッチングして直径5μmの円柱状にする。これは横方向の光閉じ込めの効果を上げるためである。

【0061】なお半導体多層膜反射鏡9、7及び3、位相調整層8a及び8b、スペーサー層18のいずれかの層中或いは複数の層中に高Al濃度層11を設け、酸化を行うことによって電流狭窄層10を形成することも可能である。この層は屈折率が小さいので、光閉じ込め層として働く。

【0062】次に、p側電極14としてPt/Au（白金層の上に金層を積層したもの）をリング上に形成し420℃でAsH<sub>3</sub>及びN<sub>2</sub>中でアニールする。次に、n側電極15としてAu-Ge-Ni（金、ゲルマニウム及びニッケルの合金）を蒸着し、380℃でアニールする。

【0063】本実施形態では、各半導体層を積層するにあたり、Ga原料としてTMGaを用いているが、TEGa（トリ・エチル・ガリウム）を用いてもよい。また、p型不純物としてZnを、DMZnを原料として添

加しているが、DEZn（ジ・エチル・ジンク）を用いてもよい。また、p型不純物としてZnではなくCを用いることも可能である。この場合、Cの原料としてはTMAs或いはCBr<sub>4</sub>を用いることが可能である。

【0064】また、Siの原料としてSiH<sub>4</sub>を用いているがSi<sub>2</sub>H<sub>6</sub>を用いることが可能である。

【0065】また、MOCVD法を用いて成膜を行っているが、Ga、Al、In、AsメタルとBe或いはCのp型不純物、n型不純物のSiメタル、プラズマ化Nを用いたMBE法で作成してもよい。窒素源はNH<sub>3</sub>でもよい。また、この他にMO-MBE法、ガスソースMBE法或いはCBE法等でもよい。

【0066】本発明では、GaAs基板上にAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x-y</sub>In<sub>y</sub>As<sub>1-z</sub>P<sub>z</sub>（0≤x≤1、0≤y≤1、0≤1-x-y≤1、0≤z≤1）を発光層とする面発光レーザが形成されている。

【0067】また、その上にGa<sub>1-p</sub>In<sub>p</sub>As<sub>1-q</sub>N<sub>q</sub>（0≤p≤1、0<q<1）を発光層とする面型光レーザが形成されている。すなわちGaAs基板上にこれらの面発光レーザを連続してエピタキシャル成長することができる。

【0068】したがって、それぞれの面発光レーザを異なる基板に作製して、これらを融着して作製する必要がない。このため、発光効率が低い、基板が反る、信頼性の低下という問題を解決することが可能である。

【0069】このように二つの発光層が同じGaAs基板上にエピタキシャル形成されているので、接合基板を用いた場合と異なり、二つの発光層の間で基板接合面における非発光センターの発生がなく、また、界面の影響による光の散乱ロスの発生もない。

【0070】また、異種基板を接合した場合と異なり、厚い基板はGaAs基板だけであるので、動作温度の変動に伴う基板の反りの問題が発生しない。

【0071】また、第1の発光層4がAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x-y</sub>In<sub>y</sub>As<sub>1-z</sub>P<sub>z</sub>（0≤x≤1、0≤y≤1、0≤1-x-y≤1、0≤z≤1）で形成され、第2の発光層6がGa<sub>1-p</sub>In<sub>p</sub>As<sub>1-q</sub>N<sub>q</sub>（0≤p≤1、0<q<1）で形成されているので、それぞれGaAs基板と格子整合させることができ或いは格子不整がある場合でも実効的臨界膜厚以内で形成できるので転位の発生を防ぐことができる。

【0072】発明者らの実験の結果、第1の発光層4の発光波長が0.63μm～1.2μmの時には良質な結晶が成長できることが分かった。

【0073】また、第1の発光層4をGa<sub>1-y</sub>In<sub>y</sub>As（0<y≤1）として発光波長が0.87μm～1μmとしたときには、第1の発光層4のバンドギャップがGaAsのバンドギャップよりも小さいので、第1の半導体多層膜反射鏡2及び5の一部にGaAsを用いることができる。したがって第1の半導体多層膜反射鏡2



及び5の一部に基板1と同じGaAsを用いることができるので、GaAs基板と格子不整が発生せず良質な結晶が成長できることが分かった。

【0074】(実施形態2)図2は、本発明の実施形態2にかかる面型光半導体装置の概略断面図である。

【0075】この実施形態では、一对の第1の半導体多層膜反射鏡が一对の第2の半導体多層膜反射鏡の間に設けられており、第1の発光層及び第2の発光層のいずれも第1の半導体多層膜反射鏡の間に設けられているものである。

【0076】図2に示すように、この面型光半導体装置は、GaAs基板1と、GaAs基板1上に形成され、電流注入によって発光する第1の発光層4と、GaAs基板1上に形成された第2の発光層6と、第1の発光層4及び第2の発光層6を挟むように配置された一对の第1の半導体多層膜反射鏡2及び3と、一对の第1の半導体多層膜反射鏡2及び3を挟むように配置された一对の第2の半導体多層膜反射鏡7及び9とを具備している。

【0077】一对の第1の半導体多層膜反射鏡2及び3は、第1の発光層4で発光した光を第1の発光層4に帰還吸収させ第1のレーザ発振を起こすようになっている。また、第2の発光層6は、第1のレーザ発振によって発振された第1のレーザ光を吸収して発光する。一对の第2の半導体多層膜反射鏡7及び9は、第2の発光層6で発光した光を前記第2の発光層に帰還吸収させ第2のレーザ発振を起こさせて、第2のレーザ光を発生させるようになっている。

【0078】第1の発光層4と第1の半導体多層膜反射鏡2との間には、フェイズ調整層19が形成されており、第1の発光層4のフェイズを調整している。

【0079】第1の半導体多層膜反射鏡2と第2の半導体多層膜反射鏡7との間には、フェイズ調整層20が形成されており、第1の半導体多層膜反射鏡2と第2の半導体多層膜反射鏡7間のフェイズを調整している。また、第1の半導体多層膜反射鏡3と第2の半導体多層膜反射鏡9との間には、フェイズ調整層21が形成されており、第1の半導体多層膜反射鏡3と第2の半導体多層膜反射鏡9間のフェイズを調整している。これらフェイズ調整層19、20及び21は $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0.05 \leq y \leq 0.35$ )層で形成されている。

【0080】第1の発光層4は、例えば発光波長 $0.87\mu m$ のGaAs層で形成されている。

【0081】一对の第1の半導体多層膜反射鏡2及び3は、低屈折率の $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0.7 \leq x < 0.9$ )層と高屈折率の $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0.05 \leq y \leq 0.35$ )層が交互に積層された積層構造である。低屈折率の $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0.7 \leq x < 0.9$ )層と高屈折率の $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0.05 \leq y \leq 0.35$ )層、それぞれの厚さは、屈折率×厚さが第1の発光層の発光波長(ここでは $0.87\mu m$ )

の $3/4$ になるように設計されている。

【0082】電流狭窄層11は、Al組成の高い $Al_zGa_{1-z}As$  ( $0.9 < z < 1$ )層をその側面から横方向に酸化させるようにして形成した酸化アルミニウムガリウム層である。なお、酸化されていない $Al_zGa_{1-z}As$  ( $0.9 < z < 1$ )層11は、直径 $2\mu m \sim 5\mu m$ の通電領域となっている。

【0083】p型導電層5は、p型 $Al_wGa_{1-w}As$  ( $0.05 < w < 0.35$ )層で形成されている。また、コンタクト層13は、p型GaAs層で形成されている。

【0084】第2の発光層6は、バンドギャップが $0.99eV \sim 0.89eV$ の2層の $Ga_{1-s}In_sAs_{1-p}N_p$  ( $0 < s < 1$ ,  $0 < p < 1$ , 例えば $p=0.005$ )量子井戸層の間に、バンドギャップが $1.13eV \sim 1.38eV$ の $Ga_{1-u}In_uAs_{1-v}N_v$  ( $0 < u < 1$ ,  $0 < v < 1$ , 例えば $v=0.003$ )バリア層が挟まれ、さらに2層の量子井戸層の両外側に、バンドギャップが $1.13eV \sim 1.38eV$ の $Ga_{1-u}In_uAs_{1-v}N_v$  ( $0 < u < 1$ ,  $0 < v < 1$ , 例えば $v=0.003$ )光ガイド層が2層形成された構造である。この第2の発光層6は $1.3\mu m$ に発光波長を有する。また、ここでは量子井戸層を2層としているが、バリア層を挟んで3層以上形成してもよい。

【0085】このように、第2の発光層6の内部に活性層が複数有り全体として一つの発光層としてもよい。こうすることで一つ発光層中の光密度が下がる。このため、最大光出力が大きくなると共に、温度依存性が小さくなり、高温特性の優れた半導体素子が得られるようになる。

【0086】第2の半導体多層膜反射鏡7及び9は、低屈折率の $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0.7 \leq x < 0.9$ )層と高屈折率の $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0.05 \leq y \leq 0.35$ )層が交互に積層された積層構造である。低屈折率の $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0.7 \leq x < 0.9$ )層と高屈折率の $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0.05 \leq y \leq 0.35$ )層のそれぞれの厚さは、屈折率×厚さが第2の発光層6における発光波長(ここでは $1.3\mu m$ )の $1/4$ になるように設計されている。

【0087】また、スペーサー層17は $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0.05 \leq y \leq 0.35$ )層で形成されている。

【0088】位相調整用半導体層8a及び8bは、 $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0.05 \leq y \leq 0.35$ )層で形成されている。この位相調整用半導体層8a及び8bは、第1の発光層4或いは第2の発光層6で発生したレーザ光の定常波について、そのピーク位置に、第2の発光層6が位置するようにその厚さを調整できる。

【0089】例えば、第2の半導体多層膜反射鏡3と第1の半導体多層膜反射鏡2のうち、それぞれ第1の発光

層4側に面する層を低屈折率の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0.7 \leq x < 0.9$ ) 層とする。第1の面型光素子の下側反射鏡2と第1の面型光素子の下側反射鏡2と第2の面型光素子の下側反射鏡7との間の位相調整層20の厚さの和を $0.77\mu\text{m}$ の整数倍とする。第1の活性層のフェイズ調整層を $0.77\mu\text{m}$ とする。第1の活性層4とスペーサー層17と高Al濃度層11の厚さの和を $0.8\mu\text{m}$ とする。p型導電層5とコンタクト層13とp型不純物の拡散防止層16と位相調整用半導体層8aの和を $0.77\mu\text{m}$ の整数倍とする。

【0090】また、第2の発光層6と位相調整用半導体層8aの厚さの和を $0.77\mu\text{m}$ の整数倍とする。さらに位相調整用半導体層8bの厚さを $0.77\mu\text{m}$ の整数倍とする。

【0091】こうすることで、第1の発光層4及び第2の発光層6の両方を、第1のレーザ光と第2のレーザ光それぞれの光密度が共振器内の平均値よりも高い場所に設けることができる。

【0092】このような面型半導体光装置において、電流が流れる高Al濃度の $\text{AlGaAs}$ 層11の直径を $5\mu\text{m}$ とした場合に、閾電流値が $7\text{mA}$ で、第2の発光層6からは発振波長 $1.3\mu\text{m}$ の光を得ることができる。最大光出力 $3\text{mW}$ 以上となる。

【0093】このように大きな出力が得られるのは、一對の第1の半導体多層膜反射鏡2及び3間に第2の発光層6が設けられているために、第1の半導体多層膜反射鏡2及び3のロス成分がほとんど第2の発光層の吸収によるものであるためである。

【0094】また、本実施形態では、第2の発光層6が複数設けられているために活性層の体積が大きく出力の飽和が起こりにくいために大きな出力を得ることができる。

【0095】また、第1の発光層4として $\text{GaAs}$ を用いているので、動作温度を上げて第1の発光層4から照射されるレーザ光が受ける影響は小さい。このため、第2の発光層6から照射されるレーザ光強度も動作温度の上昇に対する変化は小さい。

【0096】室温で $1\text{mW}$ の光出力が出る駆動条件のもとで $85^\circ\text{C}$ まで上げたときに光出力の低下は $15\%$ 以下と極めて小さな値が実現できる。

【0097】また、第2の発光層6の発光波長は、第1の発光層4の発光波長の $1.5$ 倍なので、第2の発光層6の発光は、一對の第1の半導体多層膜反射鏡2及び3ではほとんど反射されない。このため、一對の第1の半導体多層膜反射鏡2、3がどのような構成（例えばどのような層数）であっても、第2の発光層6の光が、一對の第1の半導体多層膜反射鏡2、3で反射されて、その強度を低下することは、ほとんど無い。そこで、一對の第1の半導体多層膜反射鏡2、3の設計にあたっては、第1の発光層4からの光を効率良く閉じ込めることのみ

を考えれば良く、第2の発光層6に対する影響を考慮することなく自由に設計できる。

【0098】次に、この面型半導体発光素子の製造方法について、説明する。

【0099】まず、実施形態1と同様の方法を用いて、半導体積層構造を形成する。ただし、位相調整層8a、活性層6は複数の層よりなっている。また、位相調整層8a及び8b、活性層6の形成は $625^\circ\text{C}$ 、成長速度 $10\text{nm}/\text{秒}$ で行う。これは以下の理由による。

【0100】本発明者の研究の結果、 $\text{GaInAsN}$ の成長においては成長温度が $600^\circ\text{C}$ と $625^\circ\text{C}$ の間で結晶の鏡面モフォロジーの平坦化を進むことを見出した。更にウェハ一面内でも均一性等を考慮すると、 $620^\circ\text{C}$ を超えることが望ましかった。一方窒素は、成長温度が高いほど取り込まれにくくなることを見出した。このため、成長温度は $605^\circ\text{C}$ 以上 $625^\circ\text{C}$ 以下で行うことが望ましい。

【0101】また、 $\text{GaInAsN}$ の成長においては、 $520^\circ\text{C}$ において $1.7\text{nm}/\text{秒}$ 、 $570^\circ\text{C}$ において $5\text{nm}/\text{秒}$ 、 $620^\circ\text{C}$ において $16\text{nm}/\text{秒}$ を超えると成長速度が温度に依存することを見出した。一方 $\text{GaInAsN}$ の薄膜成長においては成長速度が速いほど均質な結晶が成長できることを見出した。一方 $\text{GaInAsN}$ の量子井戸を形成する場合、歪量が大きくなるので、実質的に $20\text{nm}$ 以上の膜を成長することはありえない。また、MOCVD法においては装置内のガスの置換時間を1秒以下にすることは難しい。このため、量子井戸の成長速度を $20\text{nm}/\text{秒}$ 以上とすることは実用的でない。このため、成長温度を $600^\circ\text{C}$ 以上 $625^\circ\text{C}$ 以下で、成長速度を $9\text{nm}/\text{秒}$ 以上 $20\text{nm}/\text{秒}$ 以下とすることが望ましい、特に誤差の範囲内で成長温度を $625^\circ\text{C}$ で、成長速度を $10\text{nm}/\text{秒}$ 以上 $20\text{nm}/\text{秒}$ 以下とすることが望ましい。なお、本願発明者が行った実験では温度の誤差は $\pm 3^\circ\text{C}$ 、速度の誤差は $\pm 2\%$ である。

【0102】従来、 $\text{GaInAsN}$ に関してはN濃度が高くなると発光効率が下がるといわれているが、本成長条件で形成した $\text{GaInAsN}$ の場合は基本的に高品質な結晶が得られるので、窒素濃度が $0.7\%$ の $\text{GaInAsN}$ でも、 $520^\circ\text{C}$ で成長し、 $680^\circ\text{C}$ でアニールした、窒素濃度 $0.3\%$ の結晶よりも明るい発光が得られた。

【0103】本実施形態では、コンタクト層13の上の構造を全て円柱状構造とした。この時円柱の直径は $3\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ とした。単一モードの安定性という点では $5\mu\text{m}$ 以下が望ましく、大きな光出力を得るという点では $4\mu\text{m}$ 以上が望ましい。

【0104】この後、全体に $\text{SiO}_2$ パッシベーションを行い、その後エッチング及び高Al濃度層11の酸化により電流狭窄層10を形成する。最後に、電極形成工程を行い、素子を完成する。

【0105】このように二つの発光層が同じGaAs基板上にエピタキシャル形成されているので、接合基板を用いた場合と異なり、二つの発光層の間で基板接合面における非発光センターの発生がなく、また、界面の影響による光の散乱ロスの発生もない。

【0106】また、異種基板を接合した場合と異なり、厚い基板はGaAs基板だけであるので、動作温度の変動に伴う基板の反りの問題が発生しない。

【0107】また、第1の発光層4が $A_1xGa_{1-x-y}In_yAs_{1-z}P_z$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq 1-x-y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 1$ ) で形成され、第2の発光層6が $Ga_{1-p}In_pAs_{1-q}N_q$  ( $0 \leq p \leq 1$ ,  $0 < q < 1$ ) で形成されているので、それぞれGaAs基板と格子整合させることができ或いは格子不整がある場合でも実効的臨界膜厚以内で形成できるので転位の発生を防ぐことができる。

【0108】発明者らの実験の結果、第1の発光層4の発光波長が $0.63\mu m \sim 1.2\mu m$ の時には良質な結晶が成長できることが分かった。

【0109】また、第1の発光層4を $Ga_{1-y}In_yAs$  ( $0 < y \leq 1$ ) として発光波長が $0.87\mu m \sim 1\mu m$ としたときには、第1の発光層4のバンドギャップがGaAsのバンドギャップよりも小さいので、第1の半導体多層膜反射鏡2及び5の一部にGaAsを用いることができる。したがって第1の半導体多層膜反射鏡2及び5の一部に基板1と同じGaAsを用いることができるので、GaAs基板と格子不整が発生せず良質な結晶が成長できることが分かった。

【0110】(実施形態3) 図3は、本発明の実施形態3にかかる面型光半導体装置の概略断面図である。

【0111】この実施形態は、実施形態2で示す面型光半導体装置において、第1の発光層と第2の発光層との間に、変調用活性層を設けた点に特徴がある。図2と同一箇所は同一符号を付して詳しい説明は省略する。

【0112】図3に示すように、p型不純物の拡散防止層16上に、p型AlGaAs位相調整層24が形成されている。このp型AlGaAs位相調整層24上には、変調用活性層25が形成されている。変調用活性層25は第2の発光層6と同じ構造である。この変調用活性層25上には、n型GaAs導電層22が形成されている。n型GaAs導電層22上には、n型電極23が形成されている。

【0113】この面型光半導体装置の主な光出力は、実施形態2で説明した面型光半導体装置とほぼ同様の優れた電気特性及び温度特性が得られた。

【0114】実施形態2で説明した面型光半導体装置では、第1の第1の発光層4に注入する電流に変調をかけると第1のレーザから第2の発光層6へのエネルギー伝達効率は10%以下であるので、第2の発光層6に供給するエネルギー変調量に対して十倍以上の入力変調を行

わなければならない。

【0115】これに対して本実施形態で説明する面型光半導体装置では、変調用活性層25に注入する電流を変調することによって直接変調することができるので、変調する入力エネルギー量が1/10以下ですむ。

【0116】第1の発光層4に注入する電流に対して変調を行う場合には、数mA×(第1のレーザの波長のエネルギー)で10mW程度のエネルギー変調が必要であったが、変調用活性層25に電力を供給する場合には0.数mA×0.95eVと1mW以下のエネルギー変調ですむ。このため、前者の場合には変調用電源に冷却機構を設けることが必要となるが、後者の場合には自然放熱で十分である。

【0117】本実施形態においては、実施形態1と同様に、半導体積層構造を形成する。p型不純物活性層16に関してはn型ではなくp型不純物を $1 \times 10^{18} cm^{-3}$ の低濃度に添加する。これはこの層に電流を流す必要があるからである。

【0118】GaAs基板1の途中まで円柱状にエッチングして、電流狭窄層10を形成した。n型導伝層22、変調用活性層25、位相調整層24、p型不純物の拡散抑制層16を円柱状にエッチングした。活性層6、位相調整層8a及び8b、反射鏡3、ミラー間位相調整層21、半導体多層膜反射鏡9を円柱状にエッチングした。p型電極14の蒸着及びアニールをおこなった。その後n型電極23をリング状に蒸着した。この後n型電極15を蒸着し、n型電極23とn型電極15のアニールを380℃で同時に行い素子を完成させた。

【0119】以上実施形態1、2、3では第2の発光層の発振波長が $1.3\mu m$ のものをあげて説明したが、 $1.55\mu m$ 帯のものでもよい。この場合には、第1の発光層4としてAlGaAsを用いることで、第1の発光層4の波長を第2の発光層6の波長の半分にすることができるので、第2の発光層6の発光に対しては反射率が高く、第1の発光層4の発光に対しては透過率の高いミラーの設計が容易になる利点がある。

【0120】なお、第1のレーザ光と第2の発光波長の関係を適当な整数比に取ることで、一方の光の透過率が上がり一方の光の透過率が下がる或いは両者の透過率が下がるミラーの設計ができるが、この比も上記実施形態に限るものでない。

【0121】

【発明の効果】発光効率が高く、基板が反ることがなく、信頼性の向上した面型光半導体装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態1に係わる面型光半導体装置の断面図。

【図2】 本発明の実施形態2に係わる面型光半導体装置の断面図。

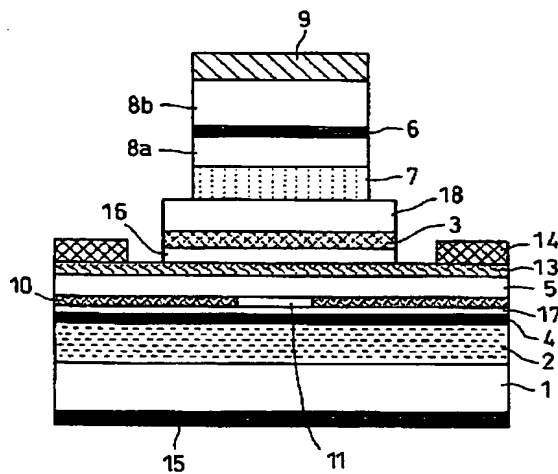
【図3】 本発明の実施形態3に係わる面型光半導体装置の断面図。

【符号の説明】

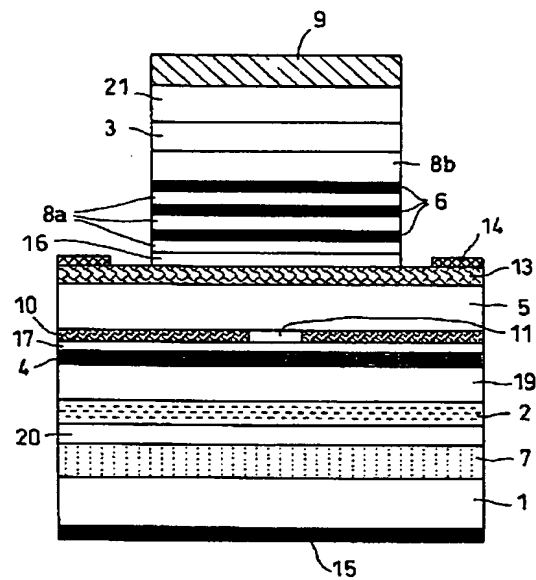
- 1・・・GaAs基板
- 2・・・第1の半導体多層膜反射鏡
- 3・・・第1の半導体多層膜反射鏡
- 4・・・第1の発光層
- 5・・・p型導電層
- 6・・・第2の発光層
- 7・・・第2の半導体多層膜反射鏡
- 8a、8b・・・位相調整用半導体層
- 9・・・第2の半導体多層膜反射鏡
- 10・・・電流狭窄層
- 11・・・高Al濃度の半導体層

- 13・・・コンタクト層
- 14・・・表面電極
- 15・・・裏面電極
- 16・・・p型不純物の拡散防止層
- 17・・・スペーサー層
- 18・・・フェイズ調整層
- 19・・・フェイズ調整層
- 20・・・フェイズ調整層
- 21・・・フェイズ調整層
- 22・・・n型導電層
- 23・・・n型電極
- 24・・・位相調整層
- 25・・・変調用活性層

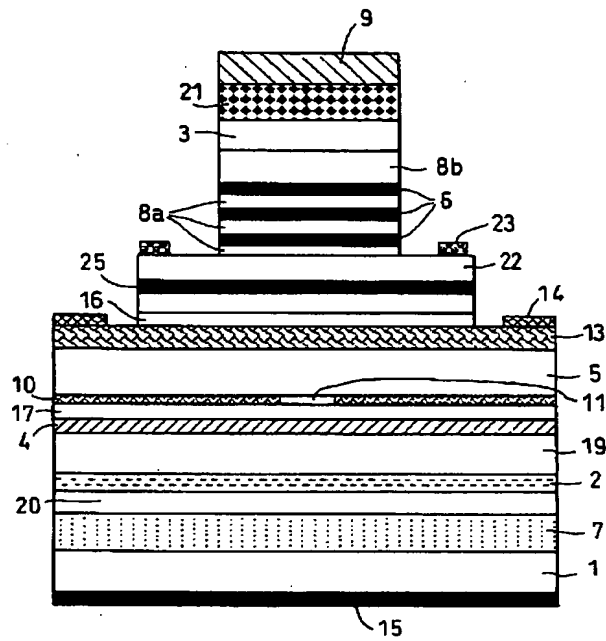
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 橋本 玲  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 西垣 亨彦  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

Fターム(参考) 5F073 AA51 AA52 AA74 AB02 AB17  
CA04 CA07 CA17 DA05 DA23  
DA27

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**